

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
22. September 2005 (22.09.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2005/088168 A1

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: F16H 55/08, 15/26 (74) Anwalt: WESTPHAL MUSSGNUG & PARTNER; Am Riettor 5, 78048 Villingen-Schwenningen (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/002579 (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(22) Internationales Anmeldedatum: 11. März 2005 (11.03.2005) (82) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(25) Einreichungssprache: Deutsch (83) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität: 10 2004 012 347.0 11. März 2004 (11.03.2004) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): IMS GEAR GMBH [DE/DE]; Heinrich-Hertz-Strasse 16, 78166 Donaueschingen (DE). MAGNA DRIVETRAIN AG & CO. KG [AT/AT]; Industriestrasse 35, A-8502 Lannach (AT).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): OBERLE, Stephan [DE/DE]; Farnweg 2/7, 78048 Villingen-Schwenningen (DE). FRIEDRICH, Christian [AT/AT]; Grillparzerstrasse 43, A-8010 Graz (AT).

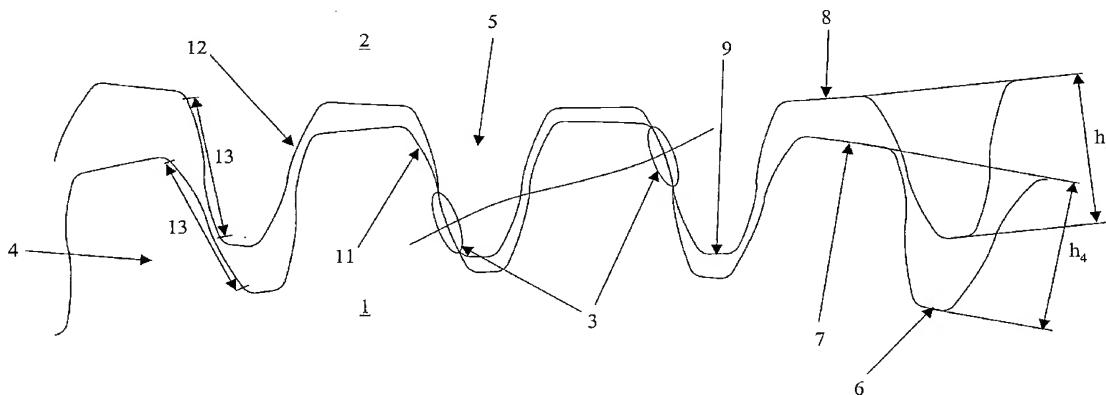
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ENGINE AUXILIARY DRIVE FOR A MOTOR VEHICLE WITH A TOOTHED-GEAR DRIVE

(54) Bezeichnung: MOTORHILFSANTRIEB EINES KRAFTFAHRZEUGES MIT EINEM ZAHNRADGETRIEBE



(57) Abstract: The invention relates to an engine auxiliary drive for a motor vehicle with a toothed-gear drive, comprising a first (1) and a second gear wheel (2) with teeth flanks (11, 12), engaged with each other, whereby the teeth flanks (11, 12) on the gear wheels (1, 2) in the force transmission region (13) are embodied without involute and progress directly or almost directly from a concave region into a convex region and the first gear wheel (1) is made from plastic.

(57) Zusammenfassung: Motorhilfsantrieb eines Kraftfahrzeugs mit einem Zahnradgetriebe, das ein erstes (1) und ein zweites Zahnrad (2) mit Zahnflanken (11, 12) aufweist, die miteinander in Eingriff stehen, wobei die Zahnflanken (11, 12) der Zahnräder (1, 2) im Kraftübertragungsbereich (13) evolventenfrei ausgebildet sind und von einem konkaven Bereich direkt oder zumindest annähernd direkt in einen konkaven Bereich übergehen und wobei das erste Zahnrad (1) aus Kunststoff gebildet ist.

WO 2005/088168 A1



*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

Beschreibung

**Motorhilfsantrieb eines Kraftfahrzeuges mit  
einem Zahnradgetriebe**

5

Die Erfindung betrifft einen Motorhilfsantrieb eines Kraftfahrzeuges mit einem Zahnradgetriebe gemäß den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruchs 1.

Unter Motorhilfsantrieb sind jegliche Antriebe innerhalb eines Kraftfahrzeuges zu verstehen, die nicht unmittelbar zum Antrieb der Räder und damit direkt zur Fortbewegung führen, sondern mit denen Hilfseinrichtungen innerhalb des Kraftfahrzeugs vom Motor angetrieben werden. Zu solchen Motorhilfsantrieben gehören insbesondere die Antriebe von Nockenwellen, Ölpumpen oder Ausgleichswellen von Verbrennungskraftmaschinen. Mit solchen Ausgleichswellen können die insbesondere bei Vierzylinderverbrennungsmotoren so unangenehmen Vibrationen deutlich reduziert werden.

Mit den bekannten Ausgleichswellen werden Massenkräfte und Massenmomente erzeugt, die den von der Brennkraftmaschine erzeugten entgegenwirken und diese so auslöschen. Dazu werden diese mit einer bestimmten Übersetzung (1:1 oder 1:2, je nachdem, welcher Ordnung die auszulöschenden Kräfte sind) und einer bestimmten Phasenlage von der Kurbelwelle aus angetrieben.

Zum Antrieb der Antriebswellen wird regelmäßig ein Zahnradgetriebe mit einer Zahnpaarung von zwei kämmenden Zahnrädern eingesetzt, bei dem ein erstes Zahnrad auf der Kurbelwelle sitzt und mit einem zweiten, auf der Ausgleichswelle sitzenden Zahnrad kämmt.

30

Es ist klar, dass es bei solchen Motorhilfsantrieben und insbesondere bei den Antrieben für Ausgleichswellen regelmäßig zu enormen Belastungen und Beanspruchungen der beteiligten Zahnräderpaarungen kommt. Diese Beanspruchungen sind auf die Zahnflanken wirkende Stöße, die eine entsprechend den Dreheigenfrequenzen und den Erregungsfrequenzen (die Drehzahl der Kurzelwelle eines Kolbenmotors pulsiert) der Systeme pulsierende Flächenpressung an den Zahnflanken mit hohen Spitzenwerten hervorrufen. Diese können zur Zerstörung der Zahnflanken oder 10 zum Zahnußbruch führen. Die Zahnräder werden deshalb für diese Anwendungen regelmäßig aus Metall hergestellt, weil mit Metallzahnrädern eine ausreichend hohe Festigkeit erreicht ist und Metallzahnräder damit den starken Belastungen gewachsen sind.

15

Üblich bei solchen Metallzahnrädern ist eine evolventische Verzahnung, weil diese leicht herzustellen ist. Bei einer Evolventenverzahnung sind die wirksamen Profile der Zahnflanken - also die Profile der Zahnflanken, die beim Kämmen der 20 Zähne miteinander in Kontakt treten und über die eine Kraftübertragung erfolgt - Kreisevolventen, d.h. sie beschreiben eine Kurve, die man erhält, wenn man in sämtlichen Punkten eines Kreises eine Tangente konstruiert und auf den Tangenten die Länge des Bogens vom Berührpunkt von der Tangente mit dem 25 Kreis bis zu einem bestimmten festen Punkt des Kreises abträgt. Bei außenverzahnten Rädern sind die wirksamen Profile einer Evolventenverzahnung vom Zahninneren nach außen gesehen immer konvex. Typisch bei evolventisch ausgelegten Zahnrädern ist die Tatsache, dass die Zahnräder beim Abwälzen aufeinander 30 lediglich im Schnitt gesehen punktförmig miteinander in Berührung kommen. Im dreidimensionalen Raum gesehen wälzen die Zahnräder linienförmig aufeinander ab, wobei die Berührungsline parallel zu den Zahnräderachsen liegt, sofern eine Geradver-

zahnung gewählt ist. Bei Schrägverzahnungen liegt die Berührungsgeraden leicht schräg auf der Zahnflanke.

Zahnräder mit Evolventenverzahnung lassen sich einfach und genau mit dem Hüllschnittverfahren herstellen, bei dem ein geradliniges und somit einfaches und kostengünstiges Bezugsprofil als Werkzeug verwendet wird. Ein weiterer Vorteil dieser Zahngeometrie ist darin zu sehen, dass unterschiedliche Zahnformen und Achsabstände mit dem gleichen Werkzeug lediglich durch eine Profilverschiebung hergestellt werden können. Im Betrieb zeichnen sich Zahnräder mit einer Evolventenverzahnung dadurch aus, dass die Richtung und die Größe der Zahnnormalenkraft während des Eingriffs der Zähne konstant ist, woraus eine gleichmäßige Belastung des gesamten Getriebes, insbesondere der Getriebelager resultiert.

Allerdings zeichnen sich kämmende Metallzahnräder mit Evolventenverzahnung durch eine verhältnismäßig starke Geräuschentwicklung während des Kämmens aus. Diese Geräuschentwicklung wird zudem verstärkt, wenn das Kämmen unter stark wechselnden Lastbedingungen erfolgt.

Es ist darüber hinaus bekannt und üblich, in derartigen Systemen metallische Zahnradpaare mit Schrägverzahnung und mit besonders genau ermitteltem und eng toleriertem Zahnflankenspiel zu verwenden. Damit wird vorwiegend das Eingriffsgeräusch vermindert, die dynamischen Beanspruchungen aber kaum. Schrägverzahnte Zahnräder sind aber relativ teuer in der Herstellung und erfordern besonders spielarme und für die Aufnahme von Axialkräften geeignete Lager. Die Axialkräfte pulsieren ihrerseits auch wieder und können hörbare Schwingungen hervorrufen.

In einer verbesserten Ausführungsform hierzu, die z.B. in JP2002-364731 A beschrieben ist, wird zumindest eines der beiden Zahnräder drehelastisch und gegebenenfalls auch dreh-schwingungsdämpfend mit seiner Welle verbunden. Diese dreh-5 elastische Verbindung ist sperrig und aufwendig, weil sie trotzdem in radialer und axialer Richtung das Erfordernis ei-ner ausreichend guten Steifigkeit erfüllen muss. Es muss näm-lich ein genaues Einhalten des Flankenspiels und die Aufnahme der Axialkräfte durch die Schrägverzahnung sichergestellt wer-10 den. Das bringt zwar eine gewisse Drehentkoppelung, die Wir-kung ist aber wegen des kleinen stationären Drehmomentes nur gering. An der Härte der Stöße zwischen den metallischen Flan-ken ändert sich nur wenig.

15 Eine weitere Entwicklungsstufe ist aus der DE 199 09 191 be-kannt. In dieser ist eines der beiden Zahnräder aus faserver-stärktem Kunststoff ausgeführt. Da man dabei von der Festig-keit eines metallischen Zahnrades ausgegangen ist, schien es nötig, die Fasern so zu legen, dass sie beim Ausformen der 20 Verzahnung nicht durchtrennt werden. Das führt zu der in der JP 62-101967 A beschriebenen Lösung, die aber ein sehr ar-betsaufwendiges Einlegen der Verstärkungsfasern in die Spritzform erfordert. Mit diesem Werkstoff ist wohl eine Ge-räuschdämpfung und in beschränktem Umfang auch eine Schwin-25 gungsdämpfung, zumindest aber eine Verlagerung in einen ande-ren Frequenzbereich, erreicht. Das Hauptübel - die hohe pul-sierende Flächenpressung - ist damit aber nicht beseitigt.

Insgesamt hat man mit den faserverstärkten Kunststoffzahnrä-30 dern versucht, weitgehend die Festigkeit von Metallzahnrädern zu erreichen. Problematisch hierbei war neben dem komplizier-ten Herstellprozess für solche faserverstärkten Kunststoff-

zahnradern der damit verbundene hohe Preis, der solche Zahnräderpaarungen nicht wirtschaftlich verwertbar macht.

Überdies ist aus der DE 41 07 659 A1 ist ein Schneckengetriebe 5 bekannt, bei dem Schnecke und Schneckenrad an ihren kraftschlüssigen Berührungsflächen so optimiert sind, dass sich ein geräuscharmer Betrieb einstellt. Hierfür sind die Zahnpfütze jeweils konkav und die Zahnpölze konvex gestaltet, wobei zwischen diesen konkaven und konvexen Abschnitten jeweils ein 10 evolventischer Zahnmittenteil (vgl. dort Spalte 3, Zeile 7) vorgesehen ist. Die Verwendung des evolventischen Zahnmittenteils führt jedoch dazu, dass zumindest in diesem evolventischen Bereich nur eine punktförmige Berührung der sich kämmenden Zähne möglich ist. Deshalb sind auch diese vorbekannten 15 Schneckengetriebe nicht über ihren gesamten Kämmbereich ausreichend für hohe Lasten tragfähig.

Vor diesem Hintergrund liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, für einen Motorhilfsantrieb der eingangs ge- 20 nannten Art ein Zahnrädergetriebe mit einer erhöhten Tragfähigkeit und insbesondere einer erhöhten, dynamischen Tragfähigkeit zu schaffen, welches einfach und kostengünstig herzustellen ist und sich trotzdem durch eine hohe Lebensdauer aus- zeichnet.

25

Diese Aufgabe wird durch einen Antrieb mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

30

Die Erfindung beruht im wesentlichen darauf, dass die Zahnräderflanken im Kraftübertragungsbereich evolventenfrei oder zumindest weitgehend evolventenfrei ausgebildet

sind und von einem konkaven Bereich direkt in einen konvexen Bereich übergehen. Dabei besteht das erste Zahnrad vorzugsweise aus homogenem Kunststoff und das zweite Zahnrad vorzugsweise aus einem Werkstoff mit einer größeren Festigkeit als das 5 erste Zahnrad.

Dieser Lösungsansatz verlässt bewusst die bisher verfolgten und von metallischen Zahnrädern ausgehende Entwicklungslinie von hochbelasteten Zahnräderpaarungen. Vielmehr wird von den 10 Eigenschaften der am besten geeigneten Kunststoffe selbst ausgegangen, also im Hinblick auf eine einfache Herstellung von Kunststoffen, die nicht faserverstärkt sind oder andere verstärkende Elemente beinhalten. Diese Eigenschaften sind einerseits die verglichen mit Metall geringe statische Festigkeit 15 und andererseits die Zähigkeit und Eigendämpfung, die für eine pulsierende Flächenpressung gut geeignet ist.

So bekannt Kunststoffzahnräder an sich sind, so bedeutet die Verwendung eines nicht faserverstärkten Kunststoffes für hoch- 20 dynamisch beanspruchte Zahnräder ein radikales Abgehen von der bisherigen Entwicklungsrichtung und ein Bruch mit dem Vorurteil, dass homogene Kunststoffe bei Zahnrädern für dynamische Beanspruchungen aller Art nicht geeignet sind. Dabei wurde die 25 Eignung für die dämpfende Aufnahme von reinen Druckstößen außer Acht gelassen und vergessen, dass das zu übertragende Drehmoment nur klein ist. Die geringe Elastizität reicht aus, um bei Einwirken einer Hertz'schen Pressung eine Vergrößerung 30 der Berührungsfläche zu bewirken. Durch die Vergrößerung der Berührungsfläche wird die Kraft auf eine größere Fläche verteilt - die Flächenpressung sinkt.

Die evolventenfreie oder zumindest weitgehend evolventenfreie Gestaltung der Zahnflanken im Kraftübertragungsbereich mit

konvexen und konkaven Abschnitten bewirkt darüber hinaus eine weitere Verringerung der Flächenpressung, weil wegen des in einem größeren Bereich kleinen Abstandes zwischen der konkaven und der konvexen Fläche bereits bei geringer Hertz'scher 5 Pressung eine weitere erhebliche Vergrößerung der Berührungsfläche erreicht wird.

Mit der erfindungsgemäßen Ausbildung der Zahnflanken sind die Krümmungen der Flankenverläufe über die Höhe der Zähne so aus-10 gewählt, dass im Kraftübertragungsbereich einer Wölbung nach innen eine entsprechende Wölbung nach außen auf dem anderen Zahn zugeordnet ist und umgekehrt. Eine flächenförmige Anlage, wie bei vorliegender Erfindung vorgeschlagen, hat im Vergleich zu linienförmigen Anlagen wie beim Stand der Technik von evol-15 ventisch gestalteten Zahnflanken üblich, den entscheidenden Vorteil, dass die von einem Zahnrad auf das andere Zahnrad zu übertragende Last auf eine größere Fläche verteilt wird, wo- durch die Last der Zähne pro Flächeneinheit sinkt. Dadurch verringert sich zum einen der Verschleiß der Zahnräder, zum 20 anderen aber auch die Gefahr einer Überlastung. Insgesamt steigt somit die Tragfähigkeit der Zahnräder. Durch die erfin- dungsgemäße Maßnahme, überhaupt keinen evolventischen oder nur einen minimal notwendigen evolventischen Bereich für eine Ein- griff der Zähne zu erlauben und vorzusehen, wird die hohe 25 Trag- und Lastfähigkeit des erfindungsgemäßen Getriebes über den gesamten Abwälzbereich erreicht. Durch die Werkstoffwahl wird dies zudem unterstützt.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel besteht das Zahnrad mit dem 30 größeren Durchmesser und einer höheren Zähnezahl, also das Zahnrad, das z.B. an die Kurbelwelle eines Verbrennungsmotors gekoppelt ist, aus einem Werkstoff mit einer größeren Festigkeit als der Werkstoff des zweiten, kleineren Zahnrades. Bei-

spielsweise besteht das ersterwähnte Zahnrad aus Stahl und das kleinere Zahnrad aus dem erfindungsgemäßen, homogenen Kunststoff. Homogene Kunststoffzahnräder haben herstelltechnische Vorteile. Kunststoffzahnräder lassen sich nämlich mit Hilfe 5 des kostengünstigen Spritzgussverfahrens herstellen, ohne dass eine anschließende spanende Bearbeitung notwendig ist.

Durch die erfindungsgemäße Reduzierung der Flächenlast pro Zahn lassen sich zudem die Zahndicken der Zahnräder optimieren. Eine besonders gute Optimierung ergibt sich, wenn die Material-eigenschaften der Werkstoffpaarungen einbezogen werden. 10 So sind die Zahndicken des Kunststoffzahnrades gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel größer als die Zahndicken des metallischen Zahnrades. Eine Reduzierung der Zahndicken bringt wiederum Kostenvorteile mit sich, weil dadurch Material einge-15 spart werden kann.

Anzumerken ist, dass die Erfindung sowohl auf ein Zahnradgetriebe mit geradeverzahnten als auch schrägverzahnten Stirn-20 zahnrädern sowie für Schneckenantriebe mit gerad- oder schräg-verzahnten Schneckenrädern anwendbar ist.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispie-25 len im Zusammenhang mit Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Fig.1 ein Schema eines beispielhaften Massenausgleichsantriebs, welches mittels einer an die Kurbelwelle gekoppelten Zahnpaarung nach der Erfindung angetrieben wird,

30 Fig.2a eine Verzahnungsauslegung der in Fig. 1 gezeigten Zahnrädpaaarung, und

Fig.2b vergrößerter Ausschnitt aus Fig. 2a.

In Fig. 1 ist die Hubkolbenmaschine 50 nur durch ihre Kurbelwelle 50 und deren Grundlager 53 versinnbildlicht. Die Grundlager 53 stehen stellvertretend für den gesamten Motorblock, 5 der sowohl in Tunnelbauweise als auch mit freien Lagerbrücken ausgeführt sein kann. Die unter der Kurbelwelle 52 am Motorblock befestigte Massenausgleichsvorrichtung ist allgemein mit 54 bezeichnet. Sie besteht aus einem Ausgleichsgehäuse 55 und zwei darin gegenläufig rotierenden Ausgleichswellen 56, 57 mit 10 Ausgleichsgewichten 58. Strichliert sind die Normalebenen 59 durch die Grundlager 53 angedeutet. In ihr liegen auch die Lager der Massenausgleichsvorrichtung 54. Die Ausgleichswellen 56, 57 werden von einem mit der Kurbelwelle 52 drehfest verbundenen Zahnrad 2 über ein Antriebszahnrad 1 angetrieben, die 15 Synchronräder 61, 62 sorgen für gegenläufig gleiche Drehzahl der Ausgleichswellen 56, 57.

In Fig. 2a und 2b ist die Verzahnungsgeometrie der in Fig. 1 dargestellten Zahnpaarung von Zahnrad 2 und Antriebszahnrad 1 20 im Längsschnitt durch die Zahnräder dargestellt. Fig. 2a zeigt von oben nach unten weisend die Zähne 5 des auf der Kurbelwelle sitzenden metallischen Zahnrades 2 und von unten nach oben weisend die Zähne 4 des auf der Ausgleichswelle 56 sitzenden und aus Kunststoff hergestellten Zahnrades 1. Die Zähne 4, 5 25 stehen miteinander in Eingriff. Die Zähne 4, 5 weisen jeweils eine Höhe  $h_4$  bzw.  $h_5$  auf. Die Höhe  $h_4$  erstreckt sich von einem Fuß 6 des Zahns 4 bis zu dessen Kopf 7. Die Höhe  $h_5$  erstreckt sich von einem Fuß 8 des Zahns 5 bis zu dessen Kopf 9. Die Breite der Zähne 4, 5 ändert sich über die Höhe  $h_4$  bzw.  $h_5$  und 30 ist abhängig von der Form der Flanken 11, 12 der Zähne 4, 5. Mit 3 sind wiederum jeweils die Bereiche gekennzeichnet, in denen sich die Zähne 4, 5 berühren, wenn sie miteinander in Eingriff stehen. Der gesamte Zahnflankenteil eines Zahnes 4,

5, welcher in Berührung mit der Zahnflanke des anderen Zahnes 5, 4 kommen kann, wird als Kraftübertragungsteil bezeichnet und ist mit dem Bezugssymbol 13 bezeichnet.

5 Fig. 2b ist eine vergrößerte Detailansicht von Fig. 2a von dem Bereich, in dem sich ein zahnkopfnaher Bereich eines Zahns 5 des metallischen Zahnrades mit einem zahnfußnahen Bereich eines Zahns 4 des Kunststoffzahnrades berührt. Der Anlagebereich 3 erstreckt sich über eine Höhe  $h_A$  der Zähne 4, 5. In dem Bereich der Anlage 3 ist die Zahnflanke 11 des Zahns 4 konkav. Der mit der Zahnflanke 11 in Eingriff stehende Bereich des Zahns 5 ist konvex ausgeführt. Die beiden Bereiche weisen eine mindestens abschnittsweise ähnliche oder dieselbe Krümmung auf, so dass sie in einem im Schnitt gesehen linienförmigen und realiter gesehen flächenförmigen Bereich zur Anlage kommen. Die wirksamen Profile der Zahnflanken 11, 12 von Zahn 5 und Zahn 4 sind über ihre gesamte Höhe  $h_4$ ,  $h_5$  aufeinander abgestimmt, so dass es über die gesamte Höhe  $h_4$ ,  $h_5$  zu gerade beschriebenen flächenförmigen und im Schnittbild gemäß Fig. 2a und Fig. 2b gesehenen, linienförmigen Anlagen 3 kommt. Im dargestellten Ausführungsbeispiel weisen die Flanken 11, 12 der Zähne 4, 5 vom metallischen Zahnrad 1 und Kunststoffzahnrad 2 jeweils in ihrem zahnfußnahen bis zum Wälzkreis reichenden Bereich ein konkaves Profil und in ihrem vom Wälzkreis ausgehenden, bis nahe an den Zahnkopf reichenden Bereich ein konkav-convexes Profil auf. Die Profile sind bezüglich ihrer Krümmungen so aufeinander abgestimmt, dass jeweils Bereiche mit den mindestens abschnittsweise ähnlichen oder gleichen Krümmungen beim Kämmen miteinander in Berührung treten.

30

Die linienförmige bzw. flächenförmige Anlage 3 hat den Vorteil, dass sich die von einem Rad auf das andere Rad zu übertragende Last auf eine Fläche verteilt, wodurch die Last pro

Flächeneinheit sinkt. Dadurch können sowohl der Verschleiß der Zahnräder 1, 2 als auch die Gefahr einer Überlastung erheblich reduziert werden. Es erhöht sich somit die Tragfähigkeit der Zahnräder 1, 2 deutlich im Vergleich zu Zahnräder mit Evolventenverzahnung oder abschnittsweiser evolventischer Verzahnung, bei denen nur punktförmige Anlagen zwischen den Zähnen auftreten.

Wie Fig. 2a zeigt, befinden sich stets zwei, vorzugsweise auch drei Zahnpaare während des Wälzvorganges miteinander in Berührung, so dass die Last beim Abwälzen nicht nur auf einem einzelnen Zahn liegt, sondern sich auf drei oder bei entsprechender Dimensionierung auch auf zwei oder mehr Zähne gleichermaßen verteilen kann. Die gesamte Tragfähigkeit des Kunststoffzahnrades ist damit erhöht.

Wenngleich im oben diskutierten Ausführungsbeispiel davon die Rede war, dass das erste Zahnrad aus Kunststoff und das zweite Zahnrad aus Metall besteht, so ist die Erfindung hierauf nicht beschränkt. Es liegt vielmehr auch im Rahmen der Erfindung, das zweite Zahnrad ebenfalls aus Kunststoff zu fertigen, vorzugsweise sollte aber der Kunststoff für das zweite Zahnrad eine höhere Festigkeit als der Kunststoff des ersten Zahnrades aufweisen. Eine solche höhere Festigkeit kann z. B. durch die Wahl eines anderen Kunststoffes erreicht werden oder durch Beimengung von verstärkenden Zusatzstoffen, wie z. B. Kohlefasern oder Metallteilchen.

Des Weiteren ist anzumerken, dass die im dargestellten Beispiel offenbarte Evolventenfreiheit zwischen dem Übergang von konkaven zu konvexen Flankenteil der Zahnkontur nicht unbedingt so gewählt werden muss, wenngleich eine solche Evolventenfreiheit ideal ist. Es liegt auch im Rahmen der Erfindung,

dass der Übergang mindestens annähernd evolventenfrei ist. Dabei sollte der evolventische Anteil so klein als möglich gewählt werden, z. B. weniger als 10 % des gesamten Flankenteils zwischen oberstem Zahnkopfpunkt und unterstem Zahnfußpunkt,  
5 vorzugsweise weniger als 5 % und besonders bevorzugt weniger als 1 %.

Schließlich ist noch anzumerken, dass in einer bevorzugten Ausführung der Erfindung die Zahnflankenform der miteinander  
10 kämmenden Zahnräder folgende Form haben sollte. Ausgehend vom Zahnkopf folgt eine Zahnkopfrundung, die den Zahnkopf an die tragfähige Flanke anbindet. Es folgt ein epizykloidisch gestalteter Flankenteil, der bis etwa zum Wälzkreis des Zahnrades reicht und von einem hypozykloidisch gestalteten Flanken-  
15 teil gefolgt wird. Letzterer reicht bis zur Zahnfußrundung, an die sich der Zahnfuß anschließt. Bei dieser Ausgestaltung wird also der vom Zahninneren eines Zahnrades gesehen konvexe Anteil der Zahnflanke durch eine epizykloidische Flanke und der konkave Anteil durch eine hypozykloidische Flanke gebildet.

Patentansprüche

1. Motorhilfsantrieb eines Kraftfahrzeuges mit einem Zahnrad-  
getriebe, das ein erstes (1) und ein zweites Zahnrad (2) mit  
5 Zahnflanken (11, 12) aufweist, die miteinander in Eingriff  
stehen,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Zahnflan-  
ken (11, 12) der Zahnräder (1, 2) im Kraftübertragungsbereich  
(13) evolventenfrei oder zumindest annähernd evolventenfrei  
10 ausgebildet sind und von einem konkaven Bereich direkt oder  
zumindest annähernd direkt in einen konvexen Bereich überge-  
hen, und dass das erste Zahnrad (1) aus Kunststoff gebildet  
ist.

15 2. Motorhilfsantrieb nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass das zweite  
Zahnrad (2) aus einem Werkstoff mit größerer Festigkeit als  
das erste Zahnrad (1) gebildet ist.

20 3. Motorhilfsantrieb nach Anspruch 1 oder 2,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die sich ge-  
genüberliegenden Zahnflanken (11, 12) der Zahnräder (1, 2)  
mindestens abschnittsweise eine annähernd gleiche Krümmung ih-  
rer Zahnflanken (11, 12) aufweisen.

25

4. Motorhilfsantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass der konkave  
Bereich in einem an einen Zahnfuß (6, 8) angrenzenden Bereich  
und der konvexe Bereich in einem an einen Zahnkopf (7, 9) an-  
30 grenzenden Bereich der jeweiligen Zähne (4, 5) angeordnet ist.

5. Motorhilfsantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Zahnrad (2) aus Metall besteht.
- 5 6. Motorhilfsantrieb nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Zahndicke der Zähne (5) des Zahnrades aus Metall (2) geringer ist als die Dicke der Zähne (4) des Kunststoffzahnrades (1).
- 10 7. Motorhilfsantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Zahnräder aus Kunststoff (1) eine größere Zahnbreite bzw. Zahndicke am Teilkreis des Zahnrades (1) als die Lückenweite hat.
- 15 8. Motorhilfsantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Zahnräder aus Metall (2) eine geringere Zahnbreite bzw. Zahndicke am Teilkreis des Zahnrades (2) hat als die Lückenweite.
- 20 9. Motorhilfsantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass beim Abwälzen der Zahnräder (1, 2) stets zwei oder mehr Zähne (4, 5) der Zahnräder (1, 2) miteinander in Eingriff sind.
- 25 10. Motorhilfsantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Kunststoffzahnrad (1) ein Spritzteil ist, das nach dem Spritzen keine weitere Behandlung erfährt.
- 30 11. Motorhilfsantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das aus Kunststoff bestehende Zahnräder (1) auf eine Nabe oder auf einen

Wellenteil mit Erhöhungen und/oder Vertiefungen an seinem Außenumfang aufgespritzt ist.

12. Motorhilfsantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 11,

5 dadurch gekennzeichnet, dass dieser zum Antrieb einer oder mehrerer Ausgleichswellen (56, 57) vorgesehen ist.

13. Motorhilfsantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 12,

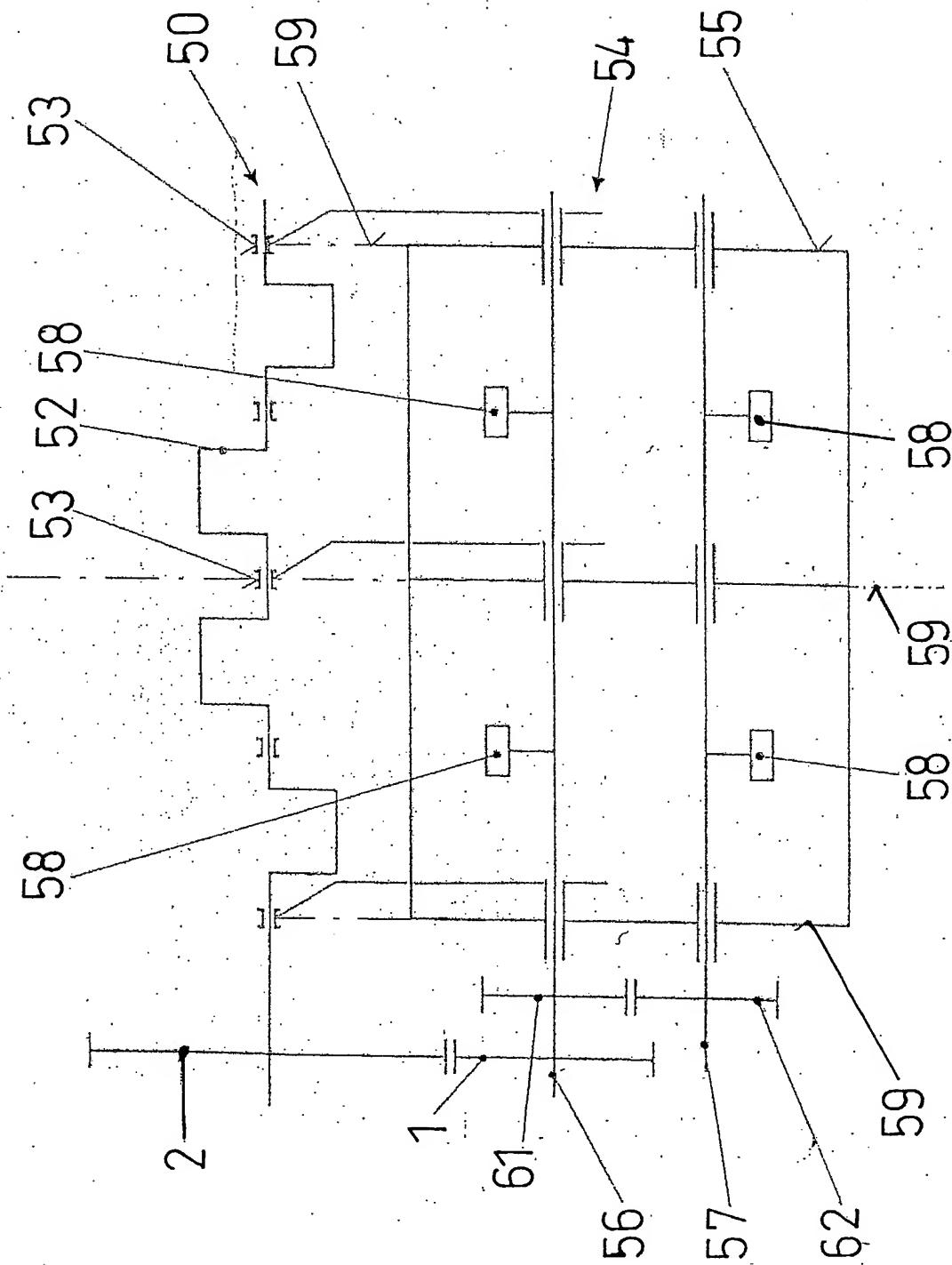
10 dadurch gekennzeichnet, dass das erste (1) und zweite (2) Zahnrad als schrägverzahnte Stirnzahnräder ausgebildet sind.

14. Motorhilfsantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 12,

15 dadurch gekennzeichnet, dass das erste (1) und zweite (2) Zahnrad als geradeverzahnte Stirnzahnräder ausgebildet sind.

15. Motorhilfsantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 14,

20 dadurch gekennzeichnet, dass der Kunststoff für das erste Zahnrad (1) ein homogener Kunststoff ist.



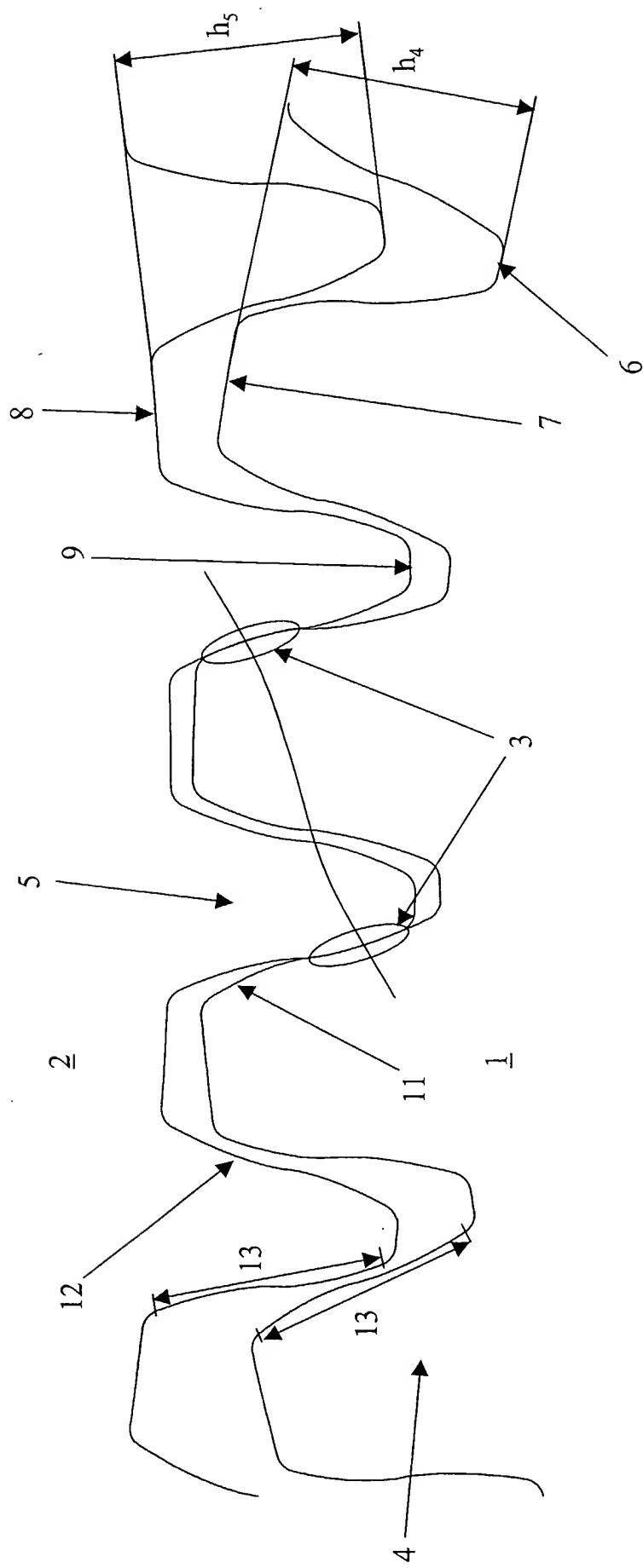


Fig. 2a

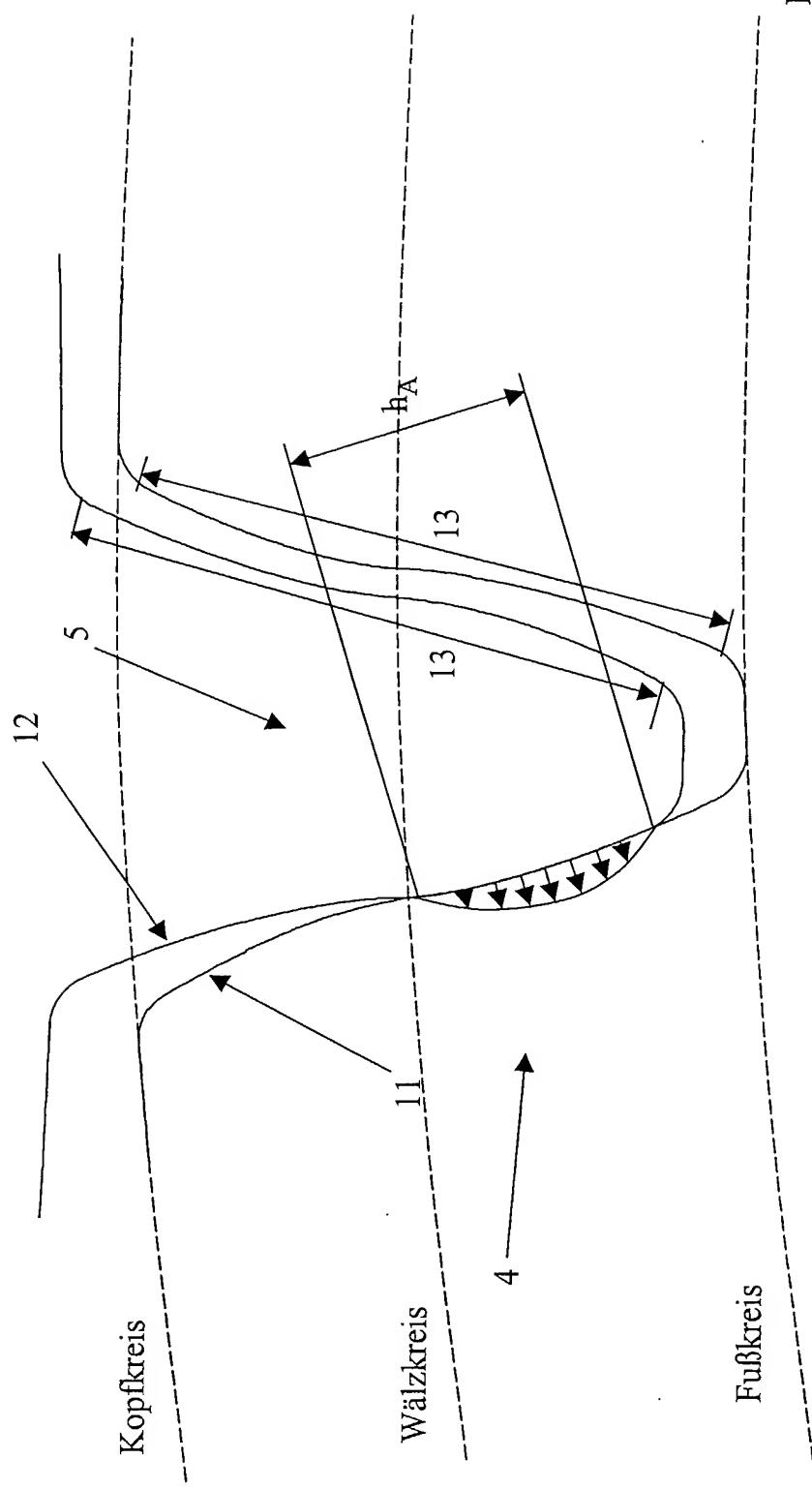


Fig. 2b

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2005/002579

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 F16H55/08 F16H15/26

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 F16H F16F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EP0-Internal, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category <sup>o</sup>	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 6 450 890 B1 (HENDRIAN MICHAEL D ET AL) 17 September 2002 (2002-09-17) figures 1,2 -----	1-8,10, 13 9,11,12, 14,15
Y	DE 17 75 616 A1 (SECRETARY OF STATE FOR DEFENCE OF THE UNITED KINGDOM OF GREAT BRITAIN) 1 March 1973 (1973-03-01) page 5, lines 5-10; claim 1; figure 2 page 1, lines 1-3 -----	1,13
Y	US 4 051 745 A (ISHIKAWA ET AL) 4 October 1977 (1977-10-04) column 2, lines 47-59 column 10, lines 62-66 ----- -/-	1,13

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

<sup>o</sup> Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
"E" earlier document but published on or after the international filing date  
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.  
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

3 June 2005

21/06/2005

Name and mailing address of the ISA  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Szodfridt, T

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internal Application No  
PCT/EP2005/002579

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2 308 558 A (WILDHABER ERNEST) 19 January 1943 (1943-01-19) column 2, lines 48-54 -----	1
Y	FR 1 495 878 A (ASSOCIATED ELECTRICAL INDUSTRIES LIMITED) 22 September 1967 (1967-09-22) claim 1 -----	1
Y	DE 16 25 557 B1 (HITACHI, LTD., TOKIO) 26 September 1974 (1974-09-26) column 5, lines 4-6 -----	1
Y	DE 28 08 030 A1 (ROUVEROL, WILLIAM S) 31 August 1978 (1978-08-31) claims 3,9; figure 1 -----	5-8,13
Y	DE 195 23 015 A1 (AUDI AG, 85057 INGOLSTADT, DE) 2 January 1997 (1997-01-02) column 2, lines 1-3; figure 1 -----	1-5
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2003, no. 04, 2 April 2003 (2003-04-02) & JP 2002 364731 A (TOYOTA MOTOR CORP), 18 December 2002 (2002-12-18) cited in the application abstract -----	1
Y	DE 199 09 191 A1 (DEUTSCHES ZENTRUM FUER LUFT- UND RAUMFAHRT EV; DEUTSCHES ZENTRUM FUER) 28 September 2000 (2000-09-28) cited in the application claims 14,18 -----	10
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 318 (M-632), 16 October 1987 (1987-10-16) & JP 62 101967 A (TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB INC; others: 01), 12 May 1987 (1987-05-12) cited in the application abstract -----	10,11
A	DE 41 07 659 A1 (ROBERT BOSCH GMBH, 7000 STUTTGART, DE) 10 September 1992 (1992-09-10) cited in the application the whole document -----	1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern'l Application No  
PCT/EP2005/002579

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
US 6450890	B1	17-09-2002	NONE			
DE 1775616	A1	01-03-1973	NONE			
US 4051745	A	04-10-1977	JP 1048217 C JP 51120348 A JP 55038542 B JP 52054854 A AU 1306676 A CA 1035599 A1 DE 2616765 A1		28-05-1981 21-10-1976 04-10-1980 04-05-1977 20-10-1977 01-08-1978 28-10-1976	
US 2308558	A	19-01-1943	NONE			
FR 1495878	A	22-09-1967	NONE			
DE 1625557	B1	26-09-1974	NONE			
DE 2808030	A1	31-08-1978	NONE			
DE 19523015	A1	02-01-1997	NONE			
JP 2002364731	A	18-12-2002	NONE			
DE 19909191	A1	28-09-2000	NONE			
JP 62101967	A	12-05-1987	NONE			
DE 4107659	A1	10-09-1992	WO 9215802 A1		17-09-1992	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inter. Aktenzeichen  
PCT/EP2005/002579

## A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 F16H55/08 F16H15/26

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  
IPK 7 F16H F16F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 6 450 890 B1 (HENDRIAN MICHAEL D ET AL) 17. September 2002 (2002-09-17) Abbildungen 1,2	1-8,10, 13 9,11,12, 14,15
Y	DE 17 75 616 A1 (SECRETARY OF STATE FOR DEFENCE OF THE UNITED KINGDOM OF GREAT BRITAIN) 1. März 1973 (1973-03-01) Seite 5, Zeilen 5-10; Anspruch 1; Abbildung 2 Seite 1, Zeilen 1-3	1,13
Y	US 4 051 745 A (ISHIKAWA ET AL) 4. Oktober 1977 (1977-10-04) Spalte 2, Zeilen 47-59 Spalte 10, Zeilen 62-66	1,13
		-/-

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Aussstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- \*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- \*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- \*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist
- \*&\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
3. Juni 2005	21/06/2005
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  Szodfridt, T

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inter  
ales Aktenzeichen  
PCT/EP2005/002579

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2 308 558 A (WILDHABER ERNEST) 19. Januar 1943 (1943-01-19) Spalte 2, Zeilen 48-54 -----	1
Y	FR 1 495 878 A (ASSOCIATED ELECTRICAL INDUSTRIES LIMITED) 22. September 1967 (1967-09-22) Anspruch 1 -----	1
Y	DE 16 25 557 B1 (HITACHI, LTD., TOKIO) 26. September 1974 (1974-09-26) Spalte 5, Zeilen 4-6 -----	- 1
Y	DE 28 08 030 A1 (ROUVEROL, WILLIAM S) 31. August 1978 (1978-08-31) Ansprüche 3,9; Abbildung 1 -----	5-8,13
Y	DE 195 23 015 A1 (AUDI AG, 85057 INGOLSTADT, DE) 2. Januar 1997 (1997-01-02) Spalte 2, Zeilen 1-3; Abbildung 1 -----	1-5
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 2003, Nr. 04, 2. April 2003 (2003-04-02) & JP 2002 364731 A (TOYOTA MOTOR CORP), 18. Dezember 2002 (2002-12-18) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung -----	1
Y	DE 199 09 191 A1 (DEUTSCHES ZENTRUM FUER LUFT- UND RAUMFAHRT EV; DEUTSCHES ZENTRUM FUER) 28. September 2000 (2000-09-28) in der Anmeldung erwähnt Ansprüche 14,18 -----	10
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 011, Nr. 318 (M-632), 16. Oktober 1987 (1987-10-16) & JP 62 101967 A (TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB INC; others: 01), 12. Mai 1987 (1987-05-12) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung -----	10,11
A	DE 41 07 659 A1 (ROBERT BOSCH GMBH, 7000 STUTTGART, DE) 10. September 1992 (1992-09-10) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	1

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internes Aktenzeichen  
PCT/EP2005/002579

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 6450890	B1	17-09-2002	KEINE		
DE 1775616	A1	01-03-1973	KEINE		
US 4051745	A	04-10-1977	JP	1048217 C	28-05-1981
			JP	51120348 A	21-10-1976
			JP	55038542 B	04-10-1980
			JP	52054854 A	04-05-1977
			AU	1306676 A	20-10-1977
			CA	1035599 A1	01-08-1978
			DE	2616765 A1	28-10-1976
US 2308558	A	19-01-1943	KEINE		
FR 1495878	A	22-09-1967	KEINE		
DE 1625557	B1	26-09-1974	KEINE		
DE 2808030	A1	31-08-1978	KEINE		
DE 19523015	A1	02-01-1997	KEINE		
JP 2002364731	A	18-12-2002	KEINE		
DE 19909191	A1	28-09-2000	KEINE		
JP 62101967	A	12-05-1987	KEINE		
DE 4107659	A1	10-09-1992	WO	9215802 A1	17-09-1992